

**ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN
ANAK SUNGAI BENGAWAN SOLO PADA SUNGAI DENGKENG**

***SEDIMENT TRANSPORT ANALYSIS OF
BENGAWAN SOLO RIVER ON DENGKENG RIVER***

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Surakarta



Disusun Oleh:

RATNASARI KUSUMANINGRUM

NIM I 0110093

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2014

HALAMAN PERSETUJUAN
ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN
ANAK SUNGAI BENGAWAN SOLO PADA SUNGAI DENGKENG

SEDIMENT TRANSPORT ANALYSIS OF
BENGAWAN SOLO RIVER ON DENGKENG RIVER

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Surakarta



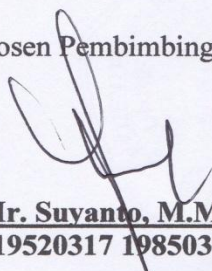
Disusun Oleh:

RATNASARI KUSUMANINGRUM
NIM I 0110093

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Fakultas
Teknik Universitas Sebelas Maret

Persetujuan:

Dosen Pembimbing I


Ir. Suyanto, M.M.
NIP. 19520317 198503 1 001

Dosen Pembimbing II


Ir. Solichin, M.T.
NIP. 19600110 198803 1 002

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN
ANAK SUNGAI BENGAWAN SOLO PADA SUNGAI DENGKENG

SEDIMENT TRANSPORT ANALYSIS OF
BENGAWAN SOLO RIVER ON DENGKENG RIVER

SKRIPSI

Disusun Oleh:

RATNASARI KUSUMANINGRUM
NIM I 0110093

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta pada:

Hari Kamis
Tanggal : 11 Desember 2014

Ir. Suyanto, MM
NIP. 19520317 198503 1 001

Ir. Solichin, M.T.
NIP. 19600110 198803 1 002

Ir. Adi Yusuf Muttaqien, MT
NIP. 19581127 198803 1 001

Ir. Budi Utomo, MT
NIP. 19600629 198702 1 002

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS

Ir. Bambang Santosa, MT
NIP. 19590823 198601 1 001



MOTTO

“Don’t say you cannot before you try. Sometimes things are really impossible. But when you involve God, it becomes possible”

(Wilson Kanadi)

“Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya. Kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan yang paling sempurna”

(Q.S. An-Najm 39:41)

PERSEMBAHAN

Bismillaahirrahmaanirrahiim.....

Kupersembahkan karya kecil ini dalam rangka beribadah kepada Allah SWT.

Juga kupersembahkan kepada:

Ibu, Bapak, Kakak.

Terimakasih atas kasih sayang, dukungan dan pengorbanan untukku yang tidak mungkin bisa Nana balas semuanya. Kalian adalah anugrah terindah yang Allah berikan.

Almamater tercinta.

ABSTRAK

Ratnasari Kusumaningrum, Suyanto.Ir, dan Solichin.Ir., 2014. **Analisis Angkutan Sedimen Anak Sungai Bengawan Solo pada Sungai Dengkeng**. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Sungai merupakan saluran air alami yang menampung dan mengalirkan air dari hulu ke hilir. Selain itu sungai juga berfungsi untuk mengangkut material sedimen. Angkutan sedimen yang diangkut oleh aliran sungai dapat menyebabkan pendangkalan sungai dikarenakan adanya pengendapan sedimen. Sungai Dengkeng merupakan salah satu anak Sungai Bengawan Solo. Pertemuan Sungai Dengkeng dan Sungai Bengawan Solo juga menyumbang terjadinya sedimentasi.

Pengambilan sampel sedimen dasar dilakukan di Sungai Dengkeng dengan mengambil 3 titik lokasi. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dengan menguji berat jenis sedimen, analisis saringan dan analisis hidrometer. Perhitungan angkutan sedimen menggunakan Metode Ackers-White, Englund-Hansen dan Yang's.

Hasil analisis dan perhitungan menunjukkan angkutan sedimen terbesar akibat debit maksimum Sungai Dengkeng terjadi pada Bulan Desember dengan Metode Ackers-White, Englund Hansen dan Yang's secara berurutan sebagai berikut: $2,77 \times 10^{-4}$ kg/dt, $6,83 \times 10^{-4}$ kg/dt dan 148,44kg/dt. Angkutan sedimen terbesar akibat air balik Sungai Bengawan Solo dengan dengan Metode Ackers-White, Englund Hansen dan Yang's secara berurutan sebagai berikut: $7,35 \times 10^{-4}$ kg/dt, $6,22 \times 10^{-3}$ kg/dt dan 984,463 kg/dt. Akibat debit maksimum Sungai Dengkeng kenaikan dasar sungai terbesar yaitu $1,835 \times 10^{-6}$ m dalam satu hari dan penurunan dasar sungai terbesar yaitu $1,948 \times 10^{-6}$ m dalam satu hari pada Bulan Desember. Dan adanya air balik pada Sungai Dengkeng mengakibatkan sepanjang dasar sungai mengalami kenaikan. Kenaikan terbesar terjadi pada Bulan Juli yaitu sebesar $2,883 \times 10^{-7}$ m dalam satu hari.

Kata Kunci : angkutan sedimen, sedimen dasar, sungai Dengkeng, pendangkalan sungai.

ABSTRACT

Ratnasari Kusumaningrum, Suyanto.Ir, dan Solichin.Ir., 2014. ***SEDIMENT TRANSPORT ANALYSIS OF BENGAWAN SOLO RIVER ON DENGKENG RIVER***. Thesis, Department of Civil Engineering. Faculty of Engineering. Sebelas Maret University, Surakarta.

River is a natural stream of water that patch and flow the water from upstream to downstream. In addition, the river also has function to take up the sediment material. Its sediment can cause siltation of the river due to the sediment deposition. Dengkeng River is one of Bengawan Solo Tributary. The confluence of Dengkeng and Bengawan Solo River also contributes to sedimentation.

The sample of bed load was carried out at the bottom of Dengkeng River by taking 3 points location. This study was conducted at Soil Mechanics Laboratory in order to test the Specify Grafty, sieve analysis and hydrometer analysis. In this study, the researches used Ackers-White Method, Englund Hansen Method and Yang's Method to sediment transport calculation.

Based on the result of analysis and calculation, it shows that the highest point of transport sediment caused by the maximum discharge of Dengkeng River that use Ackers-White Method, Englund Hansen Method, and Yang's Method are $2,77 \times 10^{-4}$ kg/s, $6,83 \times 10^{-4}$ kd/s, and 148,44 kg/s. While the highest point of transport sediment caused by back water is $7,35 \times 10^{-4}$ kg/s by Ackers-White Method, $6,22 \times 10^{-3}$ kd/s by Englund Hansen Method and 984,463 kg/s by Yang's Method. Furthermore, the highest poin of the increasing of riverbed is $5,511 \times 10^{-6}$ m and the highest point of the decreasing of riverbed is $4,891 \times 10^{-6}$ m in February caused by the maximum discharge of Dengkeng River. And the back water on Dengkeng River causes the river bed of Dengkeng increase. The highest increasing that occurs in July is $4,325 \times 10^{-9}$ m.

Keywords : sediment transport, bed load, Dengkeng river, sediment deposition

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Analisis Angkutan Sedimen Anak Sungai Bengawan Solo pada Sungai Dengkeng”** guna memenuhi salah satu syarat memperoleh gelas Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penyusunan tugas akhir ini dapat berjalan lancar tidak lepas dari bimbingan, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Segenap Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Segenap Pimpinan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Ir. Suyanto, MM dan Ir. Solichin, MT selaku dosen pembimbing. Terimakasih atas waktu, bimbingan dan dukungan yang bapak berikan selama ini. Mohon maaf bila ada tutur kata dan tingkah laku yang kurang berkenan.
4. Kusno Adi Sambowo, ST, PhD selaku dosen pembimbing akademik. Terimakasih atas bimbingan dan motivasinya selama ini. Semoga bapak selalu diberi kesehatan.
5. Dosen penguji skripsi.
6. Dr. Niken Silmi S., ST, MT selaku Ketua Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
7. Segenap bapak dan ibu dosen pengajar di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
8. Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo dan Kepala Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Bengawan Solo, yang telah memberi bantuan dalam mencari data untuk penelitian ini.
9. Keluarga tercinta yang selalu menjadi penyemangat dalam mengerjakan tugas akhir ini. Terimakasih atas kasih sayang, pembelajaran hidup, dukungan dan kesabarannya. Sayang kalian semua.

10. Teman, sahabat dan keluarga di perantauan. Alfi Rizqi Mazidah, Anisa Anggriani, Apriliani Nur A., Erlita Andriani, Heny Pratiwi, Hilyatuz Zakiya dan Tiara Rafmiati P. Terimakasih untuk selama ini, dari yang ke pergi dan pulang kampus bareng, makan bareng, ngerjain tugas bareng, kemana-mana bareng. Sampai kemana-mana sendiri, karena sudah sibuk sendiri-sendiri. Sumpah bakal kangen kalian semua. Sukses untuk kita semua.
11. Teman skripsi, Amiroh Lina Fauziyyah dan Djirjize Abdul Hakim F. Terimakasih atas kebersamaan, waktu dan ilmunya.
12. Febrian Rizal T., M. Fachrudin Arrozi, Janu Widayatno. Terimakasih atas bantuannya selama di laboratorium.
13. Elvira Rosyida, Tri Aulia Mutia Rahma Guritno dan teman-teman Kos Srikandi yang lain, terimakasih atas kebersamaan, keceriaan, kegilaan dan bantuannya. Dan Bapak Ibu Waluyo.
14. Teman-teman Jurusan Teknik Sipil 2010. Sukses untuk kita semua.
15. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini berguna dan bermanfaat bagi para pembacanya dan bagi siapa saja yang memerlukannya.

Surakarta, November 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
 BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
 BAB 2. LANDASAN TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Landasan Teori	6
2.2.1. Prinsip Dasar Aliran	6
2.2.2. Aliran <i>Steady Non-uniform</i>	7
2.2.3. Permulaan Gerak Butiran	10
2.2.4. Jenis Sedimen	12
2.2.5. Ukuran Sedimen	12

2.2.6. Bentuk Sedimen	13
2.2.7. Pengujian Butiran Sedimen	13
2.2.8. Kecepatan Jatuh (<i>Fall Velocity</i>)	15
2.2.9. Morfologi Sungai	15
2.2.10. Angkutan Sedimen	16
2.2.11. Penggerusan dan Pengendapan	21

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian	23
3.1.1. Lokasi Pengambilan Sampel	23
3.1.2. Lokasi Pengujian Sampel	24
3.2. Pengambilan Sampel	24
3.3. Data yang Dibutuhkan	24
3.3.1. Data Primer	24
3.3.2. Data Sekunder	24
3.4. Peralatan yang Digunakan	24
3.4.1. Berat Jenis Sedimen	24
3.4.2. Analisis Hidrometer/ <i>Hydrometer Analysis</i>	25
3.4.3. Analisis Saringan/ <i>Sieve Analysis</i>	26
3.5. Pengujian	27
3.5.1. Berat Jenis Sedimen	27
3.5.2. Analisis Hidrometer/ <i>Hydrometer Analysis</i>	28
3.5.3. Analisis Saringan/ <i>Sieve Analysis</i>	28
3.6. Pengolahan Data	29
3.7. Tahap Penelitian	29

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengambilan Sampel	31
4.2. Analisis Sedimen	31
4.2.1. Analisis Berat Jenis Sedimen (<i>Specific Gravity</i>)	32
4.2.2. Analisis Diameter Buturan	34

4.2.2.1. Analisis Hidrometer (<i>Hydrometer Anlysis</i>)	34
4.2.2.2. Analisis Saringan (<i>Sieve Analysis</i>)	40
4.2.2.3. Rekapitulasi Analisis Hidrometer dan Analisis Saringan	43
4.3. Analisis Debit	46
4.4. Analisis Tinggi Muka Air dan Kecepatan	48
4.5. Analisis Permulaan Gerak Butiran	48
4.6. Analisis Angkutan Sedimen	49
4.6.1. Metode Ackers-White	49
4.6.2. Metode Englund-Hansen	51
4.6.3. Metode Yang's	53
4.7. Analisis Pengerusan dan Pengendapan	55
4.8. Pembahasan Angkutan Sedimen	56
4.9. Pembahasan Penggerusan dan Pengendapan	58
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	64
PENUTUP	65
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Ukuran Sedimen menurut AGU (<i>American Geophysical Union</i>)	12
Tabel 2.2.	Proses Sedimentasi	22
Tabel 4.1.	Data Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>) Sedimen 1	32
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>) Sedimen 1	33
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>) Sedimen 2	33
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>) Sedimen 3	34
Tabel 4.5	Data Pengujian Analisis Hidrometer Sedimen 1	35
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Sedimen 1	37
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Sedimen 2	38
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Sedimen 3	39
Tabel 4.9	Data pengujian analisis hidrometer sedimen 1	40
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Analisis Saringan Sedimen 1	41
Tabel 4.11	Hasil Pengujian Analisis Saringan Sedimen 2	42
Tabel 4.12	Hasil Pengujian Analisis Saringan Sedimen 3	43
Tabel 4.13	Rekapitulasi Hasil Percobaan Analisis Saringan dan Analisis Hidrometer Sedimen 1, Sedimen 2 dan Sedimen 3	44
Tabel 4.14	Diameter Butiran Sedimen	46
Tabel 4.15	Debit Sungai Dengkeng	47
Tabel 4.16	Angkutan Sedimen Terbesar Setiap Bulan Akibat Debit Maksimum pada Sungai Dengkeng	57
Tabel 4.17	Angkutan Sedimen Terkecil Akibat Air Balik Sungai Bengawan Solo	59
Tabel 4.18	Besar Kenaikan dan Penurunan Terbesar Dasar Sungai Dengkeng dalam Satu Hari pada Debit Maksimum	60
Tabel 4.19	Besar Kenaikan dan Penurunan Terbesar Dasar Sungai Dengkeng Akibat Air Balik dalam Satu Hari	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Penurunan Persamaan Aliran Berubah Beraturan	8
Gambar 2.2.	Profil Muka Air	9
Gambar 2.3.	Diagram Shields	11
Gambar 2.4.	Pertemuan Sungai Berarus Deras	16
Gambar 2.5.	Pertemuan Sungai Berarus Tidak Deras	16
Gambar 2.6.	Tampang Memanjang Sungai	21
Gambar 3.1.	Letak Sungai Dengkeng	23
Gambar 3.2	Alat Uji Berat Jenis Sedimen	25
Gambar 3.3.	Alat Uji Hidrometer	26
Gambar 3.4.	Alat Uji Saringan	27
Gambar 3.5.	Diagram Alir Penelitian Angkutan Sedimen	30
Gambar 4.1.	Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen	31
Gambar 4.2.	Distribusi Ukuran Butiran Sedimen 1	45
Gambar 4.3.	Distribusi Ukuran Butiran Sedimen 2	45
Gambar 4.4.	Distribusi Ukuran Butiran Sedimen 3	46
Gambar 4.5.	Angkutan Sedimen Terbesar Setiap Bulan Akibat Debit Maksimum pada Sungai Dengkeng	58
Gambar 4.6.	Angkutan Sedimen Terkecil Akibat Air Balik Sungai Bengawan Solo	59

DAFTAR NOTASI

A	= luas penampang sungai (m^2)
A'	= nilai froud pada Ackers-White
B	= lebar sungai (m)
C	= koefisien pada Ackers-White
Ct	= konsentrasi angkutan sedimen (ppm)
D	= diameter butiran (mm)
D_{gr}	= parameter diameter butiran butiran tak berdimensi
D_s	= diameter butiran sedimen (m)
d	= kedalaman aliran dihitung terhadap garis tegak lurus dasar (m)
F_{gr}	= mobilitas partikel sedimen
F_*	= dimensi tegangan geser
f'	= faktor gesekan pada Englund Hansen
G_{gr}	= tingkat angkutan sedimen tak berdimensi pada Ackers-White
G_s	= berat jenis sedimen
g	= gravitasi (m/dt^2)
H	= tinggi tekanan total (m)
L	= panjang pelampung yang berada didalam air dihitung dari titik berat sampai permukaan air (mm)
M_1	= parameter aliran (Yang's)
m	= koefisien maning
m'	= koefisien pada Ackers-White
N_1	= parameter karakter sedimen (Yang's)
n	= koefisien transisi pada Ackers-white
P	= persentase butiran (%)
p	= keliling basah sungai (m)
Q	= debit sungai (m^3/dt)
Q_s	= angkutan sedimen (kg/dt)
qs	= konsentrasi angkutan sedimen ($kg/m.dt$)
R	= jari-jari hidrolik (m)

R_a	= pembacaan hidrometer (mm)
R_e	= bilangan Reynolds
S	= kemiringan dasar saluran
T	= suhu ($^{\circ}\text{C}$)
t	= waktu ke-i (menit)
U_*	= kecepatan geser (m/dt)
V	= kecepatan aliran rerata (m/s)
V_{cr}	= kecepatan kritis (m/dt)
V_s	= laju penggerusan/pengendapan (m/dt)
W	= berat tanah (gr)
X	= konsentrasi angkutan sedimen (ppm)
z	= jarak vertikal dasar saluran terhadap garis referensi (m)
α	= koefisien energi
ν	= viskositas (m^2/dt)
τ_o	= dimensi tegangan geser (kg/m^2)
τ_c	= tegangan geser kritis (kg/m^2)
γ_s	= berat jenis butiran sedimen (kg/m^3)
γ_w	= berat jenis air (kg/m^3)
μ	= koefisien (0,00836)
ω	= kecepatan jatuh (m/dt)
Δs	= penurunan/kenaikan dasar sungai (m)
ΔT	= selisih angkutan sedimen (kg/dt)
Δx	= jarak antar penampang (m)
θ	= koefisien geser (Englund Hansen)
\emptyset	= debit sedimen (Englund Hansen)